

CONTROLLER FOR PERMANENT MAGNET TYPE SYNCHRONOUS MOTOR

Patent number: JP2000324881
Publication date: 2000-11-24
Inventor: YAMAZAKI TAKAHIRO; OSAWA HIROSHI; NOMURA HISAFUMI; ITOIGAWA NOBUO
Applicant: FUJI ELECTRIC CO LTD
Classification:
- international: H02P6/16; H02P7/63
- european:
Application number: JP19990130984 19990512
Priority number(s):

Abstract of JP2000324881

PROBLEM TO BE SOLVED: To realized a controller, capable of preventing a step-out of a PM motor (permanent magnet type synchronous motor) and normally supplying a sine-wave current by using a pole position detector having low resolution and low cost.

SOLUTION: This controller for a PM has a first control means for controlling, so that an amplitude of an armature current of the motor matches with a current command value and a frequency of the armature current matches with a frequency command value, and a second control means for controlling so that an amplitude of a terminal voltage is substantially proportional to the frequency command value and the frequency of the terminal voltage matches with the frequency command value, and switches a control operation to control a power converter 20 according to an output of the second control means, when a high speed and to control the converter 20 according to an output of the first control means when it is at low speed. The controller comprises pole position detecting means 31, 32, and current angle limiting means 34, 16a for limiting the angle of the armature current to a prescribed limit value in response to the angle to the pole position, when it is controlled by the first means and elimination the limit when it is controlled by the second means.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

W 1389

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-324881

(P2000-324881A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-コ-ト ⁷ (参考)
H 0 2 P 6/16		H 0 2 P 6/02	3 2 1 N 5 H 5 6 0
7/63	3 0 2	7/63	3 0 2 M 5 H 5 7 6
	3 0 3		3 0 3 V

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-130984

(22) 出願日 平成11年5月12日 (1999. 5. 12)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 山崎 高裕

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 大沢 博

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100091281

弁理士 森田 雄一

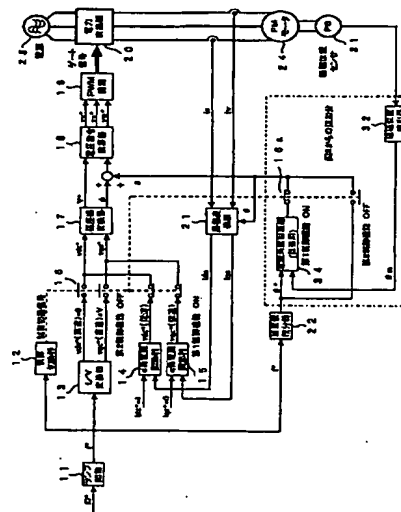
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石形同期電動機の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 低分解能で安価な磁極位置検出器を使用し、PMモータの脱調を防止すると共に、通常時は正弦波電流を供給できる制御装置を実現する。

【解決手段】 PMモータの電機子電流の大きさを電流指令値に一致させ、かつ、電機子電流の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第1制御手段と、端子電圧の大きさを周波数指令値にほぼ比例させ、かつ、端子電圧の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第2制御手段と、高速時には第2制御手段の出力により電力変換器を制御し、低速時には第1制御手段の出力により電力変換器を制御するべく制御動作を切替える制御装置に関する。磁極位置検出手段31、32と、第1制御手段による制御動作時に、磁極位置に対する電機子電流の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第2制御手段による制御動作時に解除する電流角度制限手段34、16aとを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 永久磁石形同期電動機の電機子電流及び端子電圧をベクトルとしてとらえ、電機子電流の大きさを電流指令値に一致させ、かつ、電機子電流の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第 1 の制御手段と、端子電圧の大きさを周波数指令値にほぼ比例させ、かつ、端子電圧の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第 2 の制御手段と、周波数が高いときには第 2 の制御手段の出力により電力変換器を制御し、周波数が低いときには第 1 の制御手段の出力により電力変換器を制御するべく制御動作を切り換える切換手段とを備えた永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第 1 の制御手段による制御動作時に、前記磁極位置に対する電機子電流の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第 2 の制御手段による制御動作時に解除する電流角度制限手段と、を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機への通流の初期状態における第 1 の電流指令値とこの第 1 の電流指令値よりも大きい第 2 の電流指令値とを切り換える切換スイッチを備え、前記電流角度制限手段からの電流指令値切換信号により前記切換スイッチを動作させ、同期電動機への通流の初期状態では第 1 の電流指令値を選択し、磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に制限されるときには第 2 の電流指令値を選択することを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機への通流の初期状態における第 1 の電流指令値とこの第 1 の電流指令値よりも大きい第 2 の電流指令値とを切り換える切換スイッチと、前記電流角度制限手段からの位相偏差信号により前記切換スイッチを動作させ、同期電動機への通流の初期状態では第 1 の電流指令値を選択し、磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に制限されるときには第 2 の電流指令値を選択すると共に、周波数が所定値を超えた状態で磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に達していなければ第 1 の電流指令値を選択する手段と、を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【請求項 4】 永久磁石形同期電動機の電機子電流及び端子電圧をベクトルとしてとらえ、電機子電流の大きさを電流指令値に一致させ、かつ、電機子電流の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第 1 の制御手段と、端子電圧の大きさを周波数指令値にほぼ比例さ

せ、かつ、端子電圧の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第 2 の制御手段と、周波数が高いときには第 2 の制御手段の出力により電力変換器を制御し、周波数が低いときには第 1 の制御手段の出力により電力変換器を制御するべく制御動作を切り換える切換手段とを備えた永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第 2 の制御手段による制御動作時に、前記磁極位置に対する電機子電圧の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第 1 の制御手段による制御動作時に解除する電圧角度制限手段と、を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【請求項 5】 請求項 1, 2 または 3 の何れか 1 項に記載の永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第 2 の制御手段による制御動作時に、前記磁極位置に対する電機子電圧の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第 1 の制御手段による制御動作時に解除する電圧角度制限手段と、を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、界磁に永久磁石を有する永久磁石形同期電動機の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インバータ等の電力変換器を用いて永久磁石形同期電動機を可変速駆動する装置として、磁極位置を検出するため電気角で 60° の分解能をもつ位置検出器を同期電動機に取り付けて、磁極位置に応じて電流を制御するブラシレス DC モータと呼ばれる装置が広く適用されている。ここで、電力変換器から同期電動機に供給される 3 相の電機子電流の波形は、位置検出器の分解能から図 7 に示すような 120° 通電の方形波となる。本装置を第 1 の従来技術と呼ぶことにする。

【0003】一方、位置検出器を用いずに正弦波電流を供給する装置が知られており、簡単な制御方法としては本出願人による特願平 11-87416 号が提案されている。この先行技術では、低速時と高速時とで制御を切り換えることを特徴としている。すなわち、低速時には電流を一定に制御し、かつ周波数を徐々に上昇させて永久磁石形同期電動機を同期引き込みする。所定の速度に達した高速時には電圧と周波数とをほぼ比例させ、いわゆる V/f 一定制御を行う。本装置を第 2 の従来技術と呼ぶことにして、更に詳細に説明する。

【0004】図 6 は、上記第 2 の従来技術の制御ブロック図を示すものである。第 1 の周波数指令 f_0^* の変化率をランプ関数 11 により制限して、第 2 の周波数指令 f

を演算する。座標変換器21は、永久磁石形同期電動機(PMモータ)24の電流検出値 i_d 、 i_q と、第2の周波数指令 f^* を周波数積分器22により積分して求めた角度 θ とから d 、 q 軸の電流 i_{dc} 、 i_{qc} を演算する。

【0005】図8は各種の直交座標軸と電流との関係を示しており、反時計方向に回転磁界が生じているとする。上記 d 、 q 軸は周波数指令 f^* で回転する任意の回転座標軸である。 d 、 q 軸は回転子上の座標軸であり、永久磁石のN極方向が d 軸である。 α 、 β 軸は固定子上の座標軸であり、電流 i_u の作る磁束の方向が α 軸である。 α 軸と d 軸との成す角度が前述した θ である。

【0006】図6の制御ブロック図において、低速時と高速時とは異なった手段により電圧指令値が演算される。まず、低速時には、 d 軸電流調節器14及び q 軸電流調節器15によりそれぞれ電流指令値 i_{dc}^* 、 i_{qc}^* と検出値 i_{dc} 、 i_{qc} との偏差を増幅して電圧指令値 v_{dc}^* (低速)、 v_{qc}^* (低速)を演算し、高速時には、 f^*/V 変換器13により f^* から d 、 q 軸における電圧指令値 v_{dc}^* (高速)、 v_{qc}^* (高速)を演算する。これらの電圧指令値の切り換えは、制御切換器12により f^* の大きさから切換スイッチ16に制御切換信号を出力して行われる。なお、上述した低速時における電圧指令値の制御機能を便宜的に第1制御機能、高速時における電圧指令値の制御機能を便宜的に第2制御機能ということにする。

【0007】図9に、 d 、 q 軸と電圧との関係を示す。なお、図8と図9との比較からわかるように、低速時と高速時とで角度 θ と ϕ の物理的な意味が異なっており、そのため制御を切り換えるときにショックが生じないように特別な処理がなされているが、本発明との関連性が少ないので図では省略している。

【0008】再び図6において、極座標変換器17は切換え処理後の電圧指令値 v_{dc}^* 、 v_{qc}^* から、端子電圧の大きさの指令 V^* と d 軸からの角度 ϕ とを演算する。電圧指令演算器18では、 θ と ϕ との和と V^* から3相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算する。これらの3相電圧指令をPWM回路19により電力変換器(インバータ)20の制御信号に変換して同期電動機24の端子電圧を制御する。なお、23は3相交流電源である。この従来技術では、3相電圧指令を正弦波にすることにより、容易に正弦波電圧を出力でき、その結果、正弦波電流を同期電動機24に供給することができる。なお、電力変換器20としては、インバータに代えてサイクロコンバータ等を用いても良い。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】同期電動機は、回転速度と電圧あるいは電流の周波数が一致しないと正常なトルクを出力できない。周知のように、この状態を脱調と

呼ぶ。第1の従来技術では、磁極位置に応じて電流の位相が制御されるので脱調することはないが、安価な低分解能の位置センサを用いた場合には電流が方形波となり、トルクリプル、振動、騒音の増加や、高調波電流による効率の低下等の問題が生じる。高分解能な位置センサを用いればこの問題は解決できるが、装置が高価格になるという問題がある。

【0010】一方、第2の従来技術では、正弦波電流を供給できるので上記の問題はないが、電力変換器や同期電動機の出力限界を超える重負荷がかかった場合には、電力変換器が出力する電圧や電流の周波数に回転速度が追従しなくなり、脱調する問題がある。また、大きな慣性モーメントをもつ負荷を加減速する場合や、負荷が大きく急変する場合には、過度的に出力限界を超える大きなトルクが必要になる場合があり、脱調する危険性がある。そこで本発明は、比較的安価な磁極位置検出手段を使用しつつ重負荷時や負荷急変時の脱調を防止すると共に、通常の負荷に対しては正弦波電流の供給により高調波によるトルクリプル、振動、騒音等の発生、並びに効率の低下を防ぐことができる永久磁石形同期電動機の制御装置を提供しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、低分解能な磁極位置検出手段を使用でき、通常は磁極位置検出信号は用いずに同期電動機に正弦波電流を供給し、電力変換器や同期電動機の許容値を超える過大トルクが出力されようとする場合にのみ、磁極位置に対する電流の位相あるいは電圧の位相を所定値に制限するものである。

【0012】すなわち、請求項1記載の発明は、永久磁石形同期電動機の電機子電流及び端子電圧をベクトルとしてとらえ、電機子電流の大きさを電流指令値に一致させ、かつ、電機子電流の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第1の制御手段と、端子電圧の大きさを周波数指令値にほぼ比例させ、かつ、端子電圧の周波数を周波数指令値に一致させるように制御する第2の制御手段と、周波数が高いときには第2の制御手段の出力により電力変換器を制御し、周波数が低いときには第1の制御手段の出力により電力変換器を制御するべく制御動作を切り換える切換手段とを備えた図6(第2の従来技術)のごとき永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第1の制御手段による制御動作時に、磁極位置に対する電機子電流の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第2の制御手段による制御動作時に解除する電流角度制限手段と、を備えたものである。

【0013】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、同期電動機への通流の初期状態における第1の電流指令値とこの第1の電流指令値よりも大きい第

2の電流指令値とを切り換える切換スイッチを備え、前記電流角度制限手段からの電流指令値切換信号により前記切換スイッチを動作させ、同期電動機への通流の初期状態では第1の電流指令値を選択し、磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に制限されるときには第2の電流指令値を選択するものである。

【0014】請求項3記載の発明は、請求項1記載の永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機への通流の初期状態における第1の電流指令値とこの第1の電流指令値よりも大きい第2の電流指令値とを切り換える切換スイッチと、前記電流角度制限手段からの位相偏差信号により前記切換スイッチを動作させ、同期電動機への通流の初期状態では第1の電流指令値を選択し、磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に制限されるときには第2の電流指令値を選択すると共に、周波数が所定値を超えた状態で磁極位置に対する電機子電流の角度が前記制限値に達していなければ第1の電流指令値を選択する手段と、を備えたものである。

【0015】請求項4記載の発明は、図6（第2の従来技術）のような永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第2の制御手段による制御動作時に、前記磁極位置に対する電機子電圧の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第1の制御手段による制御動作時に解除する電圧角度制限手段と、を備えたものである。

【0016】請求項5記載の発明は、請求項1、2または3の何れか1項に記載の永久磁石形同期電動機の制御装置において、同期電動機の磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、第2の制御手段による制御動作時に、前記磁極位置に対する電機子電圧の角度に応じてこの角度を所定の制限値に制限し、かつ、この制限を第1の制御手段による制御動作時に解除する電圧角度制限手段と、を備えたものである。

【0017】上述のように構成された本発明によれば、磁極位置に対する電流の位相または電圧の位相を所定値に制限することにより、重負荷時や負荷の急変時等の脱調を回避することができる。また、電力変換器や同期電動機の許容範囲内の負荷では、磁極位置検出信号を用いずに同期電動機に正弦波電流を供給するので、安価で低分解能な磁極位置検出手段を用いたとしても高調波電流が増加することはない。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。まず、請求項1に記載した発明に相当する第1実施形態を説明する。図1の制御ブロック図は、図6の従来技術に、同期電動機24の磁極位置を検出する磁極位置センサ31と一点鎖線内の機能を付加することにより、低速時の脱調を防止するようにしたものである。ここで、一点鎖線により囲んだ機能は請求項1にお

ける制限手段に相当するもので、磁極位置センサ31の出力が加えられる磁極位置検出器32と、磁極位置検出値 θ_p 及び角度指令 θ^* とが入力される電流角度制限器

（低速用）34と、この制限器34の出力及びもとの角度指令 θ^* を切り換えて θ として出力する切換スイッチ16a（前記切換スイッチ16に連動）とからなっている。なお、ここでは、磁極位置センサ31及び磁極位置検出器32をまとめて請求項1における磁極位置検出手段という。

【0019】ここで、d軸電流調節器14に入力される電流指令値 i_{dc}^* は一定値 I に、また、q軸電流調節器15に入力される電流指令値 i_{qc}^* はゼロに設定されている。説明の便宜上、以下では永久磁石形同期電動機24に突極性はなく、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスとは等しいと仮定する。この場合、同期電動機24に生じるトルク T は以下の数式1によって表される。

【0020】

$$\text{【数1】 } T = P \cdot \Phi_p \cdot I \sin(\theta - \theta_p)$$

【0021】数式1において、 P は極対数、 Φ_p は永久磁石のつくる鎖交磁束、 θ は図8、図9に示したように α 軸に対する d 軸の角度、 θ_p は α 軸に対する d 軸の角度である。数式1から、 $\theta - \theta_p > 0$ である場合には正のトルク T が発生し、負荷が大きくなるに従い $(\theta - \theta_p)$ が大きくなり、 $\theta - \theta_p = 90^\circ$ でトルク T は最大となる。更に負荷が大きくなると、 $(\theta - \theta_p)$ も増加して 90° を超えるためトルク T は減少し、やがて脱調して運転不能となる。

【0022】そこで第1実施形態では、低速時において、切換スイッチ16aを第1制御機能に切り換えて、磁極位置に対する d 軸の角度 $(\theta - \theta_p)$ を電流角度制限器34により監視すると共に、 $(\theta - \theta_p)$ が 90° 以下となるように、磁極位置に対する電機子電流の角度 θ を制限して出力する。角度 θ^* は θ を制限する前の信号であり、軽負荷時は θ を θ^* に等しくし、 $(\theta - \theta_p)$ が 90° を超える場合には $(\theta - \theta_p)$ が 90° になるように θ を制限する。すなわち、 $\theta = \theta_p + 90^\circ$ とする。一方、高速時は、切換スイッチ16aを第2制御機能に切り換えて、 $\theta = \theta^*$ の制御動作を行わせる。

【0023】 θ_p は磁極位置検出器32によって検出される信号であり、磁極位置検出器32の分解能が低ければ、第1制御機能により実際の $(\theta - \theta_p)$ を 90° に制限することはできない。しかし、この場合において出力できるトルクの上限は第1の従来技術と同等であるため、出力トルクの上限が低下することはない。なお、負荷が電力変換器20や同期電動機24が許容できる範囲内の軽負荷である場合には、低速時、高速時共に $\theta = \theta^*$ となり、実質的に図6と等価な回路構成となる。すなわち、磁極位置検出器32の検出値を用いずに、正弦波の3相電圧指令 v_{d1}^* 、 v_{d2}^* 、 v_{d3}^* に基づいて同期電動機24に正弦波電流を供給することができる。

【0024】次に、請求項2に記載した発明に相当する第2実施形態を説明する。図2の制御ブロック図は、前記第1の実施形態に一点鎖線内の機能を付加したもので、第1制御機能のオン時に電流角度制限器（低速用）34から出力される電流指令値切換信号によって切換スイッチ35を切り換えることにより、電流指令値 i_{dc}' を切り換えるようにした。例えば、永久磁石形同期電動機24を始動する時の加速トルクの上限を最も大きくするためには、電流指令値 i_{dc}' を電力変換器20または同期電動機24が許容できる最大値に設定する必要がある。しかし、この方法によると、大きな加速トルクが要求されない場合にも大きな電流が流れる欠点があり、第2実施形態はこの点を改善したものである。

【0025】図2において、 i_{dc1}' 、 i_{dc2}' の二つの電流指令値はそれぞれ一定値 I_1 、 I_2 に設定され、 I_1 は I_2 より小さな値である。通流の初期状態では、 $i_{dc1}'=I_1$ を選択するように電流指令値切換信号が電流角度制限器34から出力され、電流指令値 i_{dc}' は I_1 となる。電流角度制限器34において前記 $(\theta'-\theta_0)$ が 90° の制限値に達したことが検出されたら、すなわち大きなトルクが必要となったら、前記切換信号が変化して電流指令値 i_{dc}' は $i_{dc1}'=I_1$ から $i_{dc2}'=I_2$ に切り換えられる。これにより、加速時に小さな加速トルクでよい場合には電流は小さく、大きな加速トルクが必要になったときには電流を増大することができる。

【0026】次いで、請求項3に記載した発明に相当する第3実施形態を説明する。図3の制御ブロック図は、前記第2の実施形態に一点鎖線内の機能を付加したもので、電流指令値切換器36を別個に設け、この切換器36からの電流指令値切換信号により切換スイッチ35を動作させて電流指令値 i_{dc}' を切り換えるようにした。なお、電流指令値切換器36には、第2の周波数指令 f' と電流角度制限器（低速用）34からの位相偏差信号が入力されている。

【0027】運動体の静止摩擦は動摩擦に比べて大きく、特に電動機の始動初期では軸受けの潤滑油が十分に機能してない場合等があり、大きな始動トルクが必要になることがある。第3実施形態はこの点を考慮してなされたものである。すなわち、電流指令値切換器36は、電流角度制限器34からの位相偏差信号 $(\theta'-\theta_0)$ を受けて、同期電動機24を始動する初期状態では電流指令値として i_{dc1}' を使用し、前記 $(\theta'-\theta_0)$ が 90° の制限値に達したら、電流指令値 i_{dc}' を i_{dc1}' から i_{dc2}' に切り換えるように切換スイッチ35を動作させる。更に、第2の周波数指令 f' を監視していて、周波数が所定値以上に達した時に $(\theta'-\theta_0)$ が 90° の制限値に達していないければ、電流指令値を i_{dc2}' から i_{dc1}' に切り換えるような動作を行う。

【0028】ここで、電流指令値 i_{dc1}' 、 i_{dc2}' に設定される値は、第2実施形態と同様にそれぞれ一定値 I_1 と

I_2 であり、 I_1 は I_2 より小さな値である。このため、 $(\theta'-\theta_0)$ が 90° の制限値に達してからは大きな始動トルクを得ることができるが、所定の周波数、すなわち所定の速度に達したら電流指令値が i_{dc2}' から i_{dc1}' に切り換わるので電流が減少し、不要な電流を流すことがなくなる。但し、 $(\theta'-\theta_0)$ が 90° の制限値に達したら、電流指令値は常に i_{dc2}' を選択することとし、かつ、所定の時間以上その状態を維持するのが前提である。

【0029】次に、請求項4に記載した発明に相当する第4実施形態を説明する。図4の制御ブロック図は、図6の従来技術に磁極位置センサ31と一点鎖線内の機能を付加することにより、高速時の脱調を防止するようにしたものであり、低速時の脱調防止を図った図1の第1実施形態と対をなしている。すなわち、高速時は、切換スイッチ16aが第2制御機能側に切り換えられ、電圧角度制限器（高速用）37により、軽負荷であれば $\theta=\theta'$ を出力し、重負荷になれば $\theta=\theta_0+90^\circ$ に制限して出力される。一方、低速時は、切換スイッチ16aを第1制御機能側に切り換えることにより、 $\theta=\theta'$ の制御動作を行わせる。

【0030】第1実施形態と同様に、電圧指令値 v_{dc}' はゼロに、 v_{dc}' は一定値 V に設定されている。高速時では電機子電圧が大きいので、電機子抵抗による電圧降下を無視すると、トルク T は数式2によって表される。

【0031】

【数2】

$$T = (V/\omega) \cdot (\Phi_p/L_d) \cdot \sin(\theta - \theta_0)$$

【0032】ここで、 ω は回転子の角速度、 L_d はd軸インダクタンスである。高速時では、 V と ω とをほぼ比例させて制御するので、数式2から、トルク T は低速時と同様に $\sin(\theta - \theta_0)$ に比例する。数式2から、 $(\theta - \theta_0) > 0$ であった場合には、低速時と同様に正のトルクが発生し、負荷が大きくなるに従って $(\theta - \theta_0)$ が大きくなり、 $\theta - \theta_0 = 90^\circ$ でトルク T は最大となる。更に負荷が大きくなると $(\theta - \theta_0)$ も増加して 90° を超えるため、同期電動機24のトルクは低減し、やがて脱調して運転不能となる。

【0033】そこで、磁極位置に対する d_c 軸の角度 $(\theta - \theta_0)$ を電圧角度制限器（高速用）37により監視するとともに、 $(\theta - \theta_0)$ が 90° 以下となるように θ を制限する。脱調を防止する方法は低速時と同様であるが、低速時は電流角度制限器（低速用）34によって磁極位置に対する電機子電流の角度を制限するのに対し、高速時には電圧角度制限器（高速用）37によって磁極位置に対する電機子電圧の角度を制限する。

【0034】図5は本発明の第5実施形態であり、上述した第3実施形態（図3）及び第4実施形態（図4）を組み合わせたものである。その動作は、各実施形態の動作から明らかであるため説明を省略するが、通常は同期

電動機24に正弦波電流を供給すると共に、過大トルクが出力されようとする場合には、低速時は磁極位置に対する電機子電流の角度を、また、高速時は磁極位置に対する電機子電圧の角度を各制限器34、37により制限して所定のトルクを出力させ、何れの場合にも脱調を防止することができる。

【0035】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、磁極位置検出器として低分解能で安価な磁極位置検出手段を使用した場合にも、電力変換器や同期電動機が許容できないような重負荷時に脱調を防止できると共に、許容範囲内の通常の負荷に対しては正弦波電流を供給することができるため、高調波によるトルクリプル、振動、騒音の増加や効率の低下がなく、安価で高性能な制御装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す制御ブロック図である。

【図2】本発明の第2実施形態を示す制御ブロック図である。

【図3】本発明の第3実施形態を示す制御ブロック図である。

【図4】本発明の第4実施形態を示す制御ブロック図である。

【図5】本発明の第5実施形態を示す制御ブロック図である。

【図6】第2の従来技術の制御ブロック図である。

【図7】120°通電（第1の従来技術）時の電流波形を示す図である。

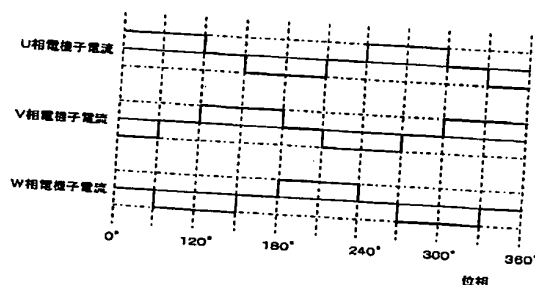
【図8】各種の直交座標軸と電流との関係を示す図である。

【図9】 d_q 軸、 d_q 軸と電圧との関係を示す図である。

【符号の説明】

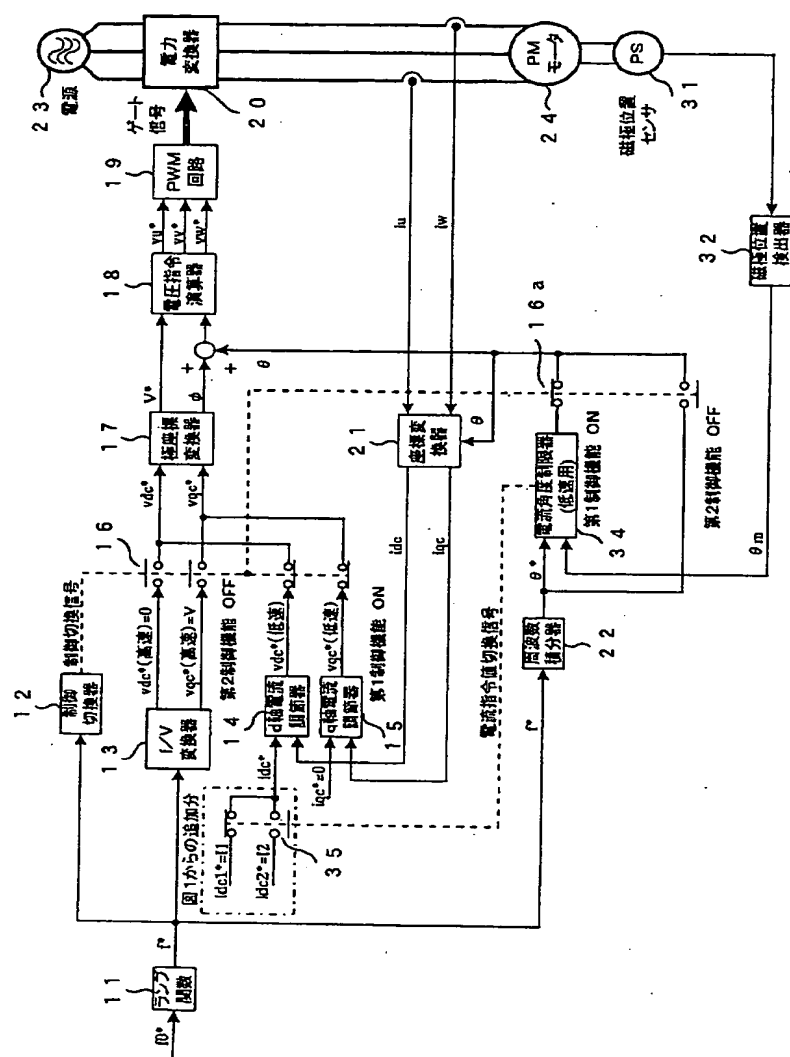
- 11 ランプ関数
- 12 制御切換器
- 13 f/V 変換器
- 14 d 軸電流調節器
- 15 q 軸電流調節器
- 16, 16a, 35 切換スイッチ
- 17 極座標変換器
- 18 電圧指令演算器
- 15 19 PWM回路
- 20 電力変換器
- 21 座標変換器
- 22 周波数積分器
- 23 3相交流電源
- 20 24 永久磁石形同期電動機（PMモータ）
- 31 磁極位置センサ
- 32 磁極位置検出器
- 34 電流角度制限器（低速用）
- 36 電流指令値切換器
- 25 37 電圧角度制限器（高速用）

【図7】

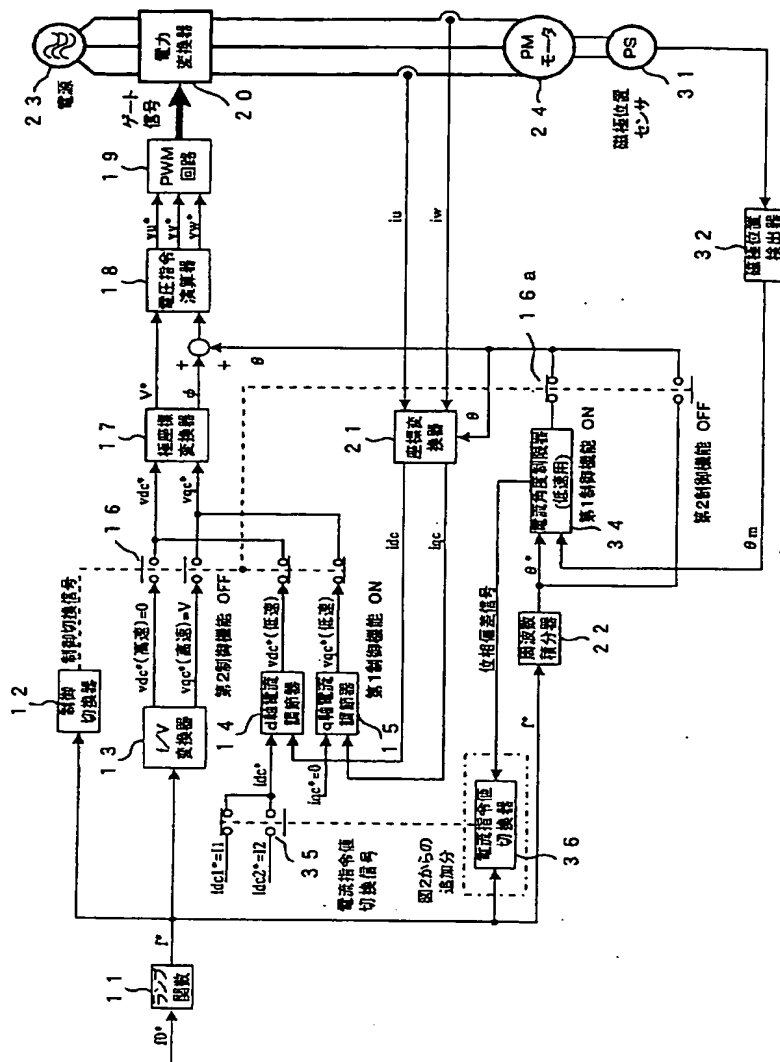


[illegible]

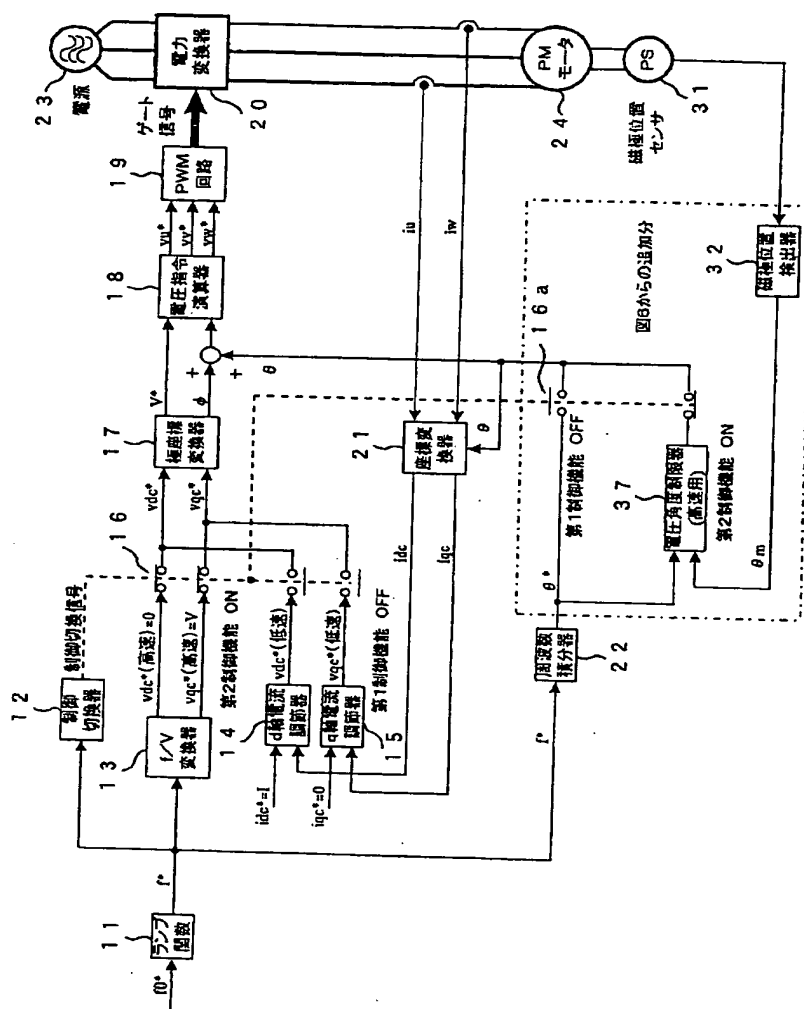
【図2】



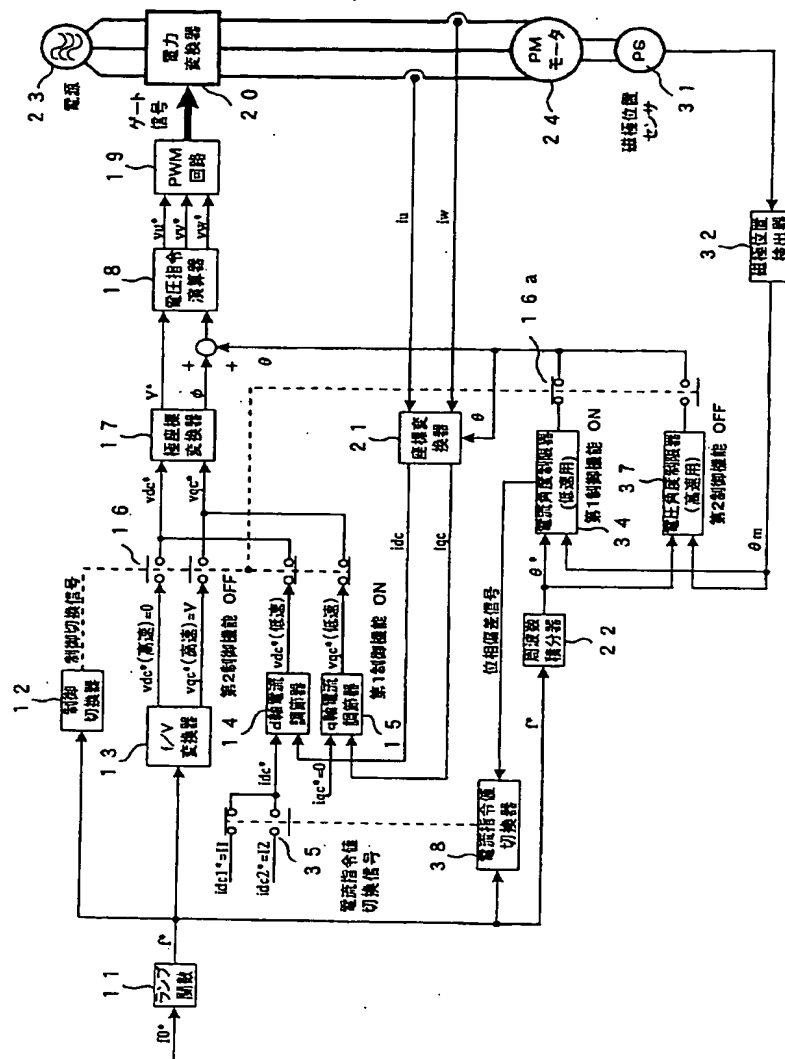
【図3】



【図4】

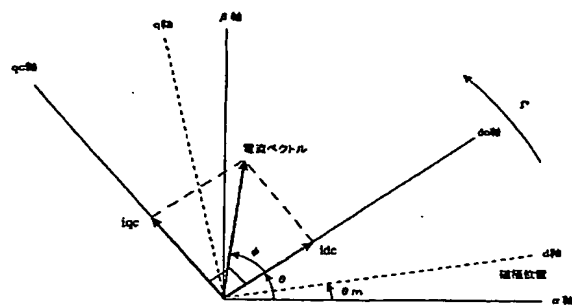


【図5】

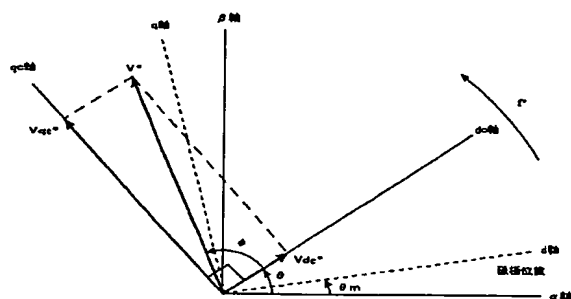


[illegible]

【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72) 発明者 野村 尚史
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内
(72) 発明者 糸魚川 信夫
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内

35 Fターム(参考) 5H560 BB04 BB12 DA01 DC12 DC13
EB01 EC02 GG04 JJ07 SS06
XA02 XA03 XA05 XA12 XA13
5H576 BB10 DD02 DD05 EE01 EE04
EE11 EE18 FF03 GG01 GG04
GG05 HB01 JJ03 JJ15 KK05
LL14 LL15 LL22 LL24 LL41

40

THIS PAGE BLANK (USPTO)